

INSTITUT FÜR GERICHTLICHE MEDIZIN

DIE DARSTELLUNG DER HAEMOGLOBINKRISTALLE UND IHRE GERICHTS- MEDIZINISCHE BEDEUTUNG

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Wilhelm-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

Max Kresiment

Arzt

aus Berlin.

Tag der Promotion: 19. Mai 1927

B E R L I N 1 9 2 7

GEDRUCKT IN DER KOLONIALDRUCKEREI SACHERS & KUSCHEL
BERLIN S 42, RITTERSTRASSE 87

Dekan: Professor Dr. Arndt.

Referent: Geh. Med. Rat Prof. Dr. F. Straßmann.

Inhaltsübersicht.

- A. Einleitung
- B. Methodik
- C. Untersuchungsbefunde
 - 1. an Menschenblut
 - a) vom Erwachsenen
 - b) vom Neugeborenen
 - 2. an Tierblut
- D. Zusammenfassung
- E. Literaturübersicht.



A. Einleitung.

Ein von A. Lorenz im vorigen Jahre erstattetes Referat¹⁾ gab die Anregung, die von Amantea in seiner Arbeit „Die Kristallisation des Haemoglobin von getrocknetem Blut“²⁾ erhobenen Befunde einer Nachuntersuchung zu unterziehen. Amantea hält nämlich den ablehnenden Standpunkt, den die Lehrbücher der gerichtlichen Medizin hierüber einnehmen³⁾, nicht für gerechtfertigt. Er mißt vielmehr der Darstellung der Haemoglobinkristalle, wie sie bereits 1901 und 1903 von Moser⁴⁾ und Frieboes⁵⁾ für gerichtsmedizinische Zwecke beschrieben worden war, auch heute noch Bedeutung bei, obwohl seit der Entdeckung der Präzipitirmethode durch Uhlenhuth die Kristallisationsmethode in den Hintergrund des Interesses gedrängt würde. Er weist auf die Nachteile der Präzipitinreaktion hin, die schwierig herzustellende spezifische Sera erfordert, ferner eine Vorprobe auf das Vorhandensein von Blut bei dem zur Untersuchung kommenden Material verlangt und schließlich eine Unterscheidung zwischen Erwachsenen- und Neugeborenenblut, oder zwischen Mensch und Affen⁶⁾ nicht zuläßt. Demgegenüber sind die Haemoglobin-Kristalle an sich leicht herzustellen; das dazu benutzte Blut kann beim Ausbleiben der Kristallisation zum Nachweis des Haemochromogens verwandt werden; und zwischen Blut vom Erwachsenen und Neugeborenen, vielleicht auch zwischen Menschen- und Affenblut, ist eine Unterscheidung möglich. Eingeschränkt wird der Wert der Kristallisationsmethode allerdings durch den Umstand, daß sie eine größere Blutmenge als das Uhlenhuth'sche Verfahren voraussetzt. Auch macht die Darstellung der Haemoglobin-Kristalle aus altem, chemisch verändertem und getrocknetem Blut Schwierigkeiten. Endlich erschwert die Tatsache, daß fast alle Haemoglobine nur in einem System kristallisieren, die Differentialdiagnose. Die Folge davon war, daß frühere Arbeiten zu vielen Widersprüchen geführt haben, auf die ich bei der Besprechung der einzelnen Blutarten näher eingehen werde. Die folgenden Ausführungen sollen nun eine Nachprüfung der von Amantea erzielten Ergebnisse darstellen und auf Grund der Berücksichtigung der einschlägigen Literatur den jetzigen Stand der Haemoglobin-Kristallisation festlegen.

B. Methodik.

Zwei wichtige Forderungen sind an eine für die gerichtsärztliche Praxis brauchbare Untersuchungsmethode von Blutspuren zu stellen: 1. müssen möglichst kleine Blutmengen, selbstverständlich auch in trockenem Zustande, für die Probe ausreichen, 2. ist nur ein Verfahren zulässig, das sich auf viele verschiedene Blutarten gleichmäßig anwenden läßt. Deshalb sind alle von den physiologischen Chemikern ausgearbeiteten Methoden zur Reindarstellung größerer Haemoglobin-Kristallmengen⁷⁾ auszuschließen. Unter den Mikromethoden kommt nun die von Amantea in mehreren Veröffentlichungen^{2), 8), 9)} ausgearbeitete Technik den geforderten Bedingungen näher als die früherer Untersucher. Als wichtigste physikalisch-chemische Grundlagen gelten die als solche bereits 1852 von C. G. Lehmann¹⁰⁾ erkannten: Zerstörung der Blutkörperchenhülle und allmähliche Verdunstung der Mutterlauge. Später¹¹⁾ betonte Lehmann die Bedeutung atmosphärischer Einflüsse und des Lichtes. Dieser letzte Faktor wurde jedoch bald darauf von Preyer¹²⁾ mit Recht bestritten. Amantea hält die größere oder geringere Schnelligkeit der Kristallisation für abhängig von der Temperatur und den hygrometrischen Bedingungen; und zwar begünstigen Sonnentemperatur und ein geringer Grad atmosphärischer Feuchtigkeit durch Beschleunigung der Verdunstung die Kristallisation. Da aber eine zu schnelle Verdunstung den Prozeß der Kristallabsonderung schädigen kann, so ziehe ich mittlere Temperaturen zwischen 15 und 25 Grad C. vor, die schon Stein als die günstigsten bezeichnete¹³⁾. Auch bei kalten Temperaturen gelang es Rollet²⁰⁾, Haemoglobin-Kristalle zu erhalten. Schließlich wirken Herkunft, Alter und Beschaffenheit des Blutes selbst in noch zu erörternder Weise auf den Kristallisationsprozeß ein.

Zur Haemolyse benutzt nun Amantea ausschließlich das in seiner physiologischen Wirkung von R. Kobert studierte Saponin¹⁴⁾ (aus der *Saponaria officinalis*), das verwandten Substanzen (wie dem Solanin)¹⁵⁾ wegen seiner leichteren Löslichkeit und seines billigen Preises vorzuziehen ist. Es sichert eine vollständige Haemolyse, ohne Verdünnungen des Blutes (wie sie mit dem früher geübten Zusatz von destilliertem Wasser zum Blute eintraten) oder eingreifende chemische Veränderungen notwendig zu machen, so daß man mit viel kleineren Blutmengen als beim Zusatz anderer Mittel auskommt. Die einzelne Untersuchung wird, wenn es sich um flüssiges Blut handelt, in folgender Weise ausgeführt: Einem Blutstropfen setzt man auf dem Objektträger eine Spur gepulvertes Saponin (oder Saponin in gesättigter Lösung) zu, verrührt das Pulver mit einem Glasstäbchen so lange im Blutstropfen, bis Lackfarbigkeit, also Haemo-

lyse des Blutes eintritt, und bedeckt den Tropfen hierauf mit einem Deckglas. Handelt es sich um ein Blutgerinnsel, so wird ein Stückchen davon ebenfalls mit Saponin auf dem Objektträger zusammengebracht, und nun mit einer Pinzette das Gerinnsel bis zum Eintritt der Durchsichtigkeit zerquetscht; dann wird in gleicher Weise weiterbehandelt. Bei eingetrocknetem Blut ist die Anwendung von Saponin überflüssig, da man das Haemoglobin gleich in Lösung erhält, wenn man das Blutschüppchen mit destilliertem Wasser (in der Regel auf einen Teil Blut 2—3 Teile Aq. dest.) aufweicht, welches Verfahren bereits von Moser und Frieboes ausgeführt worden ist. Nur verzichtet man darauf, wie diese Autoren den gelösten Blutfarbstoff vor dem Bedecken mit dem Deckglase durch ein Leinwandläppchen zu pressen, um etwaiges Fibrin zu entfernen, weil zuviel Haemoglobin dabei verloren geht. Ueberdies spielt die den Kristallisationsprozeß hemmende Wirkung des Fibrins im mikroskopischen Präparat keine wesentliche Rolle und wurde bereits von C. G. Lehmann¹¹⁾ bestritten.

Da die Aussicht, Kristalle zu erhalten, besonders bei Verwendung trockenen Blutes von der Menge des verarbeiteten Materials abhängt, so empfiehlt Amantea in Fällen, wo Blut reichlicher zur Verfügung steht, Objektträger (8:5 cm) und Deckgläser (7:4 cm) aus starkem Glase von gleicher Dicke anzuwenden. Ich ziehe aber die Benutzung von Deckgläsern größeren Formats auf gewöhnlichen Objektträgern vor. Dem gleichen Zweck dient die Erhöhung des Deckglases an einer Seite des Präparats um 1—2 mm durch eine kleine Unterlage von Pappe, Holz, Watte oder Glas, die bereits Wedl¹⁶⁾ empfahl. (Teichmann unterstützte alle 4 Seiten des Deckgläschens¹⁷⁾, August Ewald schaltete Deckglas-splitters ein^{17a)}). Dadurch faßt man eine größere Menge des im Wasser gelösten Haemoglobins zwischen Objektträger und Deckglas und erreicht eine verschiedene Flüssigkeitshöhe in einem und demselben Präparat, wodurch für den Beginn des Auskristallisierens bessere Vorbedingungen geschaffen werden. Bei der alten Versuchsanordnung der nachträglichen verschiedenen Verdünnung der Ausgangslösung durch weiteren Wasserzusatz liefert von mehreren Präparaten vielleicht nur eines Haemoglobin-Kristalle. Zur Schrägstellung des Deckglases empfehle ich mit Rücksicht auf sonst eintretende Verluste an gelöstem Haemoglobin (durch Kapillarattraktion oder Aufsaugung) nur Deckglasstückchen zu verwenden, die man einige Tage vor Benutzung des Objektträgers auf diesen mit Canadabalsam aufklebt. Diese Erhöhung des einen Deckglasrandes wende ich auch gern bei der Verarbeitung flüssigen Blutes an, weil ich mehrfach nur auf der Seite, wo die Höhe der Haemoglobin-Lösung größer war, Kristalle erhalten habe, die in gewöhnlichen Vergleichspräparaten ausgeblieben waren.

Die Vorschrift Frieboes, die Präparate gleich nach dem Antrocknen der Haemoglobin-Lösung an den Deckglasrändern mit Canadabalsam zu umranden, befolgt Amantea im allgemeinen nicht, da eine zu langsame Verdunstung die Abscheidung der Haemoglobin-Kristalle verzögern oder gar verhindern kann. Schon Moser wies gegenüber Stein¹³⁾ auf den für die Kristallisation eher hinderlichen als fördernden Einfluß des (dünnen) Canadabalsams hin. So benutzen ihn auch die Kristallographen, um durch Erhöhung der inneren Reibung der Ausbildung der Kristalle ein erhebliches Hindernis entgegenzusetzen, wodurch sie embryonale Kristalle (Kristalliten) erhalten¹⁸⁾. Ich schließe Präparate, die aufbewahrt werden sollen, erst nach ungefähr 24 Stunden — wie es bereits Monckton Copeman angab²³⁾ — mit Deckglaskitt ein, wodurch die Haltbarkeit der Haemoglobin-Kristalle beträchtlich verlängert wird, was für eine Vorlegung vor Gericht wichtig ist.

Wendet man die beschriebene Technik in stets gleichförmiger Weise auf die verschiedenen Blutarten an, so ergeben sich 2 Tiergruppen, je nachdem ob eine Kristallisation zu erzielen ist oder nicht (s. die Tabelle am Schluß). Die zweite Gruppe, die also niemals Kristalle liefert, kann aber zur Verwertung für die Diagnose nur mit äußerster Zurückhaltung benutzt werden. Schon Monckton Copeman¹⁹⁾ hielt Schlüsse aus negativen Resultaten in den praktisch-forensischen Fällen für stets bedenklich. Dazu kommt, daß die Angaben über die Kristallisierbarkeit einzelner Haemoglobine sich widersprechen.

Für den Untersucher besteht demnach die Aufgabe, die große Gruppe der Haemoglobine mit vorhandener Haemoglobin-Kristallbildung soweit zu zerlegen, daß die Diagnose auf ein bestimmtes Tier gestellt werden kann. Einen gewissen Anhaltspunkt bietet die Tatsache, daß die Kristallisation des Haemoglobins sich nicht gleichmäßig bei den verschiedenen Tieren einstellt. Sie erfolgt um so leichter (und schneller), je schwerer löslich das Haemoglobin des betreffenden Tieres ist. Es läßt sich folgende Reihenfolge nach abnehmender Fähigkeit zur Kristallbildung aufstellen (Bürker¹⁷⁾): Fledermaus (Amantea), (weiße) Ratte, Meerschweinchen, Eichhörnchen, Pferd, Katze, Hund, Schwein, Mensch; Kaninchen (s. den speziellen Teil), Schaf (desgleichen), Rind (desgleichen), Frosch.

Da fast alle Haemoglobine kristallographisch dem rhombischen System angehören, und nur einige Nagetiere leicht auseinander zu haltende Kristallformen liefern (das Eichhörnchen kristallisiert als einziges bisher bekanntes Tier sogar in einem anderen, dem hexagonalen System²⁰⁾), genügt die Charakterisierung der einzelnen Kristallelemente nicht; denn die Nadel, die Raute, das Prisma und das rechteckige Täfelchen sind vielen Blutarten gemeinsam. Stein bemerkte bei einigen Arten des Blutes insbesondere die Tendenz, hexagonale Formen anzunehmen, was einem auch

bei der Durchsicht der zahlreichen Kristallphotogramme von Reichert und Brown²¹⁾ auffällt. Bei Benutzung der Saponinmethode fand ich diese Formen unter den bisher untersuchten Tieren allerdings nur beim Eichhörnchen. Amantea erwartet allerdings von eingehenderen kristallographischen Studien für die Zukunft weitere diagnostische Fortschritte; dieser Meinung muß aber widersprochen werden, da der Gerichtsmediziner nicht über die für feinere kristallographische Untersuchungen notwendigen Kenntnisse und Apparate verfügt, und das Auftreten so vieler atypischer Formen, besonders bei der Untersuchung alten Blutes solche Bemühungen als wenig aussichtsreich erscheinen läßt. So gibt Bürker an, daß die Angaben über die Winkel der menschlichen Haemoglobin-Kristalle sehr schwanken. Höchstens die eingehende Beschreibung häufiger vorkommender atypischer Kristallformen kann dazu führen, diese Formen ebenfalls für die Diagnose zu verwerten. Diese Ansicht vertrat bereits Otto Funke, der als erster im Jahre 1851 Haemoglobin-Kristalle künstlich dargestellt hat (mit der Methode des Wasserzusatzes). Er schrieb²²⁾: „in hundert Fällen sind es ja nicht die Kristallformen, die einen kristallinen Körper charakterisieren, sondern gerade die Unregelmäßigkeiten der Form und andere Umstände, wie die Art der Lichtbrechung, die Art der Gruppierung usw.“.

Brauchbare Unterscheidungsmerkmale liefert die Art der Zusammenlagerung der Einzelkristalle, auf die bei den einzelnen Blutarten näher eingegangen wird.

Weitere wichtige Kriterien ergeben sich aus der Lokalisation der Haemoglobin-Kristalle im mikroskopischen Präparat. Amantea spricht von marginalem Sitz, wenn die Kristallisation am Rande des Deckglases vor sich geht, von einem paramarginalen — Bond (1887) sprach von Ausbreitung in der Intermediärzone —, falls die Kristalle in einer Entfernung von 2—3 mm vom Rande aufschießen, und von zentraler Anordnung. Jede dieser Lokalisationen kann für sich bei bestimmten Tieren vorkommen; bei anderen wieder findet man die Randkristallisation mit der paramarginalen, bzw. mit der paramarginalen und zentralen verbunden, oder die paramarginale Ausbreitung tritt zusammen mit der zentralen auf.

Untersucht man die so gelagerten Haemoglobin-Kristalle im Mikrospektroskop, so bestehen die marginalen Kristalle stets aus Oxy-Hb, die paramarginalen aus reduziertem Hb; die zentralen geben teils das Oxy-Hb, teils das Hb-Spektrum. Schon bei mikroskopischer Betrachtung lassen sich die Oxy-Hb-Kristalle durch ihre hellrote Farbe von den dunkel- bis violettroten Kristallen aus reduziertem Hb unterscheiden.

Weitergehende Versuche von Moser, Frieboes und Amantea, Farbennuancen und Farbenwechsel, die sie nur bei gewissen Tieren gesehen haben wollen, zur Diagnosenstellung heranzuziehen, muß

ich auf Grund dagegen sprechender Beobachtungen, die unten näher zu erörtern sein werden, ablehnen.

Vergegenwärtigt man sich, daß einige Tiere nur Oxy-Hb-Kristalle, andere nur solche aus reduziertem Hb geben, und daß eine dritte Gruppe beide Kristallarten zugleich hervorbringt (in der Tabelle am Schluß sind die betreffenden Tiere mit I, II und III bezeichnet), so hat man eine hinreichende Anzahl brauchbarer Unterscheidungsmerkmale für die Differentialdiagnose.

Von verschiedenen Autoren ist noch eine Reihe von unterstützenden Merkmalen für die Diagnosenstellung angegeben worden, so die Kernhaltigkeit aller Wirbeltiererythrocyten mit Ausnahme der Säugetiere, das Auftreten von Kristallen am „Eintrocknungsring“ und das verschiedene Verhalten der Haemoglobin-Kristalle gegenüber bestimmten chemischen Substanzen und gegenüber Wasser. Die Resistenz ist nach Bürker¹⁷⁾ größer bei Pflanzenfresser- als bei Fleischfresser-Haemoglobin und am geringsten bei Menschen-Haemoglobin. Meines Erachtens haben diese Methoden für den Gerichtsarzt keine praktische Bedeutung.

Auch die Kristallisationszeit, auf deren Verschiedenheit schon Kunde 1852 hingewiesen hatte, gibt keine praktisch verwertbaren Resultate. Die Zeitdauer, die bis zum Auftreten der ersten Kristalle verstreicht, hängt, wie bereits besprochen, einmal von den auf das Präparat einwirkenden Außenfaktoren und zweitens von dem Blute selbst ab, wodurch oft eine Verzögerung der Kristallisation eintritt. Daraus ergibt sich die Forderung, die Präparate mehrere Tage lang zu beobachten, wobei man auch aus dem Wachstum der Kristalle mitunter wertvolle Aufschlüsse gewinnen kann.



C. Untersuchungsbefunde.

1. Menschenblut.

a) Blut vom Erwachsenenentypus.

Frisches Blut, gesunden Menschen aus dem Ohrläppchen oder einer Fingerbeere entnommen, konnte Amantea nicht zur Kristallisation bringen. Mischte er wenige Tropfen dieses schon reichlich Oxy-Hb enthaltenden Blutes an der Luft mit Saponin, so wandelte es sich in reines Oxy-Hb um, das seine hellrote Farbe und die zwei Absorptionsstreifen im mikroskopischen Präparat mitunter tagelang behielt. Auf eine Auskristallisierung des Haemoglobin ist dann nicht zu rechnen, da menschliches Blut nach den meisten Autoren²³⁾ (s. jedoch²⁴⁾ nur in reduziertem Zustande Haemoglobin-Kristalle liefert. Ich führe als Verfechter dieser Ansicht ausdrücklich Monckton Copeman an, der in seiner Arbeit mehrmals darauf hinweist, daß er und die von ihm zitierten Autoren bei

Haemoglobin-Kristallen aus Menschen- und Affenblut stets nur das Spektrum des reduzierten Haemoglobins gesehen haben. Ferner betont er den differentialdiagnostischen Wert dieser Feststellung gegenüber Haemoglobin-Kristallen von anderen Tieren, bei denen er meist Oxy-Hb-Kristalle erhielt. Rheinbold²³⁾ zitiert ihn also fälschlich als Hersteller menschlicher Oxy-Hb-Kristalle. Dvornitschenko²⁶⁾ und Frieboes lehnen die Verwertung spektraler Eigenschaften für die Differentialdiagnose zwischen Menschen- und Tierblutkristallen ab. Dvornitschenko kam zu diesem negativen Ergebnis, weil er nicht immer aus Menschenblut nur Kristalle von reduziertem Hb erhalten haben will. Frieboes wandte sich in seiner Nachuntersuchung der Moser'schen Arbeit gegen dessen mit aller Bestimmtheit ausgesprochene Feststellung, daß Menschenblut allein Kristalle von reduziertem Hb bilde. Er begründete seinen Einspruch mit einer an sich richtigen Beobachtung; aber in der daraus gezogenen Schlußfolgerung ging er viel zu weit. Man muß Amantea beipflichten, der in dieser kritischen Arbeit Frieboes' oft zweitrangigen Einzelheiten übertriebene Wichtigkeit beigemessen findet. Frieboes hatte nämlich mitunter in älteren Präparaten durch das Eindringen des Luftsauerstoffes vom Rande des Deckglases her an verschiedenen Stellen eine Umwandlung des Spektrums der Haemoglobin-Kristalle in Oxy-Hb beobachtet. In diesem Zustand erhielten sich die Kristalle lange Zeit. Allerdings war bei Menschenblut dieser Uebergang verhältnismäßig selten aufgetreten. Diese Umwandlung des Spektrums von dem Rande des Präparats benachbart liegenden Haemoglobin-Kristallen konnte ich ebenfalls oft feststellen (besonders bei faulendem Menschenblut, wie Donogány²⁴⁾, aber auch bei Tierblut mit Kristallisation von reduziertem Hb), da ich die Präparate meist nicht umrandete. Trotzdem muß ich mit aller Entschiedenheit die von Frieboes daraus gezogene Schlußfolgerung der Unverwendbarkeit des Spektrums für die Differentialdiagnose zurückweisen. Denn diese Umwandlung in Oxy-Hb tritt ja erst im Laufe der Zeit ein, und es ist eine grundsätzliche Forderung, die Präparate spätestens 24 Stunden nach der Anfertigung einer eingehenden mikroskopischen und mikrospektrographischen Untersuchung zu unterziehen. Der Geübte wird außerdem diese Oxydierung, sollte sie einmal frühzeitiger eintreten, sofort erkennen. In sehr lange aufgehobenen Präparaten tritt eine weitere Aenderung des Spektrums ein, indem sich Haemochromogen bildet. Copeman fand dabei die Form der Kristalle, abgesehen von Rissen und Sprüngen, noch unverändert.

Wirkliche Bedeutung wegen seiner spektralen Eigenschaften hat nur das Kohlenoxydblut, dessen Haemoglobin-Kristalle Rheinbold als hellrot, sehr schön pleochromatisch und dem Oxy-Hb isomorph beschreibt. Sie würden also das CO-Hb-Spektrum geben, das im Mikrospektroskop von dem des Oxy-Hb wohl nur schwer

zu trennen wäre. Bei den Untersuchungen am Leichenblut mehrerer CO-Vergifteter schieden sich nur violettrote Haemoglobin-Kristalle mit dem Spektrum des reduzierten Hb ab. Bloß in zwei Fällen, die durch sehr deutliche CO-Totenflecke ausgezeichnet waren, traten — allerdings bei Zusatz von Pyrogallol — neben violetten sehr schmalen Stäben kirschrote Kristalle auf, deren Farbe von der leuchtend hellroten Farbe des Präparatrandes sich deutlich unterschied. Die beiden Absorptionsstreifen dieser Kristalle waren gleich stark und gegenüber einer Oxy-Hb-Vergleichslösung anscheinend etwas zum Violett hin verschoben. Man erhält wohl nur bei hohem CO-Gehalt des Blutes CO-Hb-Kristalle. Doch glaube ich nicht, daß durch diese Feststellung der Wert der Regel über das spektrale Verhalten der Haemoglobin-Kristalle aus Menschenblut eine Einschränkung erfährt.

Aus dieser Erörterung des spektralen Verhaltens der menschlichen Haemoglobin-Kristalle geht hervor, daß man bei dem aus der Haut gewonnenen und bei arteriellem Blute höchstens durch Zusatz reduzierender Mittel, wie Schwefelammonium oder hydro-schwefligsaures Natron die Kristallisation in Gang bringen könnte. Bei sorgfältig durchgeführten Untersuchungen erhielt nun aber Monckton Copeman²³⁾ Haemoglobin-Kristallisation aus dem Blute von Kranken mit perniziöser Anämie ohne jeden Zusatz (10—48 Stunden, nachdem er einfach einen Blutstropfen vom Ohrläppchen eines solchen Kranken zwischen Objektträger und Deckglas gebracht hatte). Im Verlaufe einer Arsenkur, mit zunehmender Besserung des Leidens, verlor sich dann diese Fähigkeit, um mit erneuter Verschlimmerung wiederzukehren. Da er für diese leichte Kristallisierbarkeit das niedrige spezifische Gewicht des Perniziosa-Blutes verantwortlich machte, gründete er darauf eine Methode der Herstellung von Haemoglobin-Kristallen durch Verdünnung des zu untersuchenden Blutes mit (Schaf-) Serum. Bond, der bei Septicaemie ebenfalls spontane Haemoglobin-Kristallisation beobachtet hatte, verwandte infolgedessen faulendes menschliches Serum. Jedoch ließen diese Methoden eine breitere Anwendung nicht zu. Amantea prüfte daraufhin zusammen mit Falaschi²⁷⁾ den Einfluß der verschiedensten Krankheiten, besonders der des Blutes selbst, auf den Prozeß der Haemoglobin-Kristallisation, wobei beide Forscher aber stets mit Saponinzusatz arbeiteten. Sie stellten fest, daß niemals Oxy-Hb-Kristalle beim Menschen zu sehen waren, und daß nennenswerte Abweichungen von dem Kristallisationstypus gesunder Menschen sich nicht feststellen ließen. Nun hat Copeman²³⁾ den spektroskopischen Befund der aus Perniziosa-Blut in mehreren Fällen erhaltenen Kristalle nicht angegeben, aber es findet sich in seiner Arbeit auch nirgends ein Anhaltspunkt für die ihm von Rheinbold untergelegte Feststellung, daß man aus solchem Blute Oxy-Hb-Kristalle erhalte. Die Reduktion des verhältnismäßig sauerstoffreichen Hautblutes geschieht

in diesem Falle wohl durch die Sauerstoffzehrung des Blutes selbst. Ich konnte jedenfalls in einem Falle Copeman's Befund bestätigen, in dem ich violette Kristalle aus reduziertem Hb erhalten habe. Ferner erhielt ich Haemoglobin-Kristalle von einem Leukaemischen, dem wenige Stunden vor dem Tode ein Blutstropfen aus dem Ohrläppchen entnommen und mit Saponin versetzt worden war. Bei Fällen von sekundärer Anämie und aus dem Hautblut gesunder Menschen konnte keine Kristallbildung erzielt werden. Ebenso wie Blut Perniziosa-Kranker gibt auch Milzvenenblut der Leiche ohne irgend einen Zusatz Haemoglobin-Kristalle. Das Milzvenenblut ist nach Lehmann³⁰⁾ wässriger als das der Jugularvene, reicher an Leukocyten, ärmer an Fibrin; weiter enthält es unter anderem schwache Säuren. Menstrualblut enthält kein Fibrin und relativ wenig feste Bestandteile. Diesen schon von Frieboes bestätigten Befund konnte ich in vielen Präparaten ebenfalls stets erheben. Nur ist Frieboes Ansicht, daß dem Milzvenenblut auch besondere Kristallformen zukommen (vergl. Abbildung 11 und 12 seiner Arbeit), nicht zutreffend. Ebenso wenig beschränken sich die von Moser und Frieboes gegebenen Bilder besonderer Kristallformen aus frischem, altem oder Leichenblut auf Blut dieser oder jener Herkunft. Lediglich das Blut Neugeborener weicht in seiner Kristallform von der für Erwachsene typischen Form regelmäßig ab, wie unten näher zu besprechen sein wird.

Aus Venenblut erhält man Haemoglobin-Kristalle bei Zusatz eines haemolytischen Mittels. Gleich verhalten sich Blutgerinnsel, die durch vorgeschrittene Reduktion schwärzlich geworden sind, und Leichenblut. Bei der Herstellung der mikroskopischen Präparate muß man nur die Vorsicht gebrauchen, das Vermischen des Saponins mit dem Blutstropfen möglichst schnell vorzunehmen, damit die Einwirkung des Luftsauerstoffs nicht zur weitgehenden Oxy-Hb-Bildung führen kann. Die Haemoglobin-Kristalle des Menschenblutes treten bei mittlerer Temperatur im allgemeinen 12—24 Stunden nach Anfertigung des Präparats auf. Doch halte ich gegenüber Falco²⁸⁾, der für jede der von ihm untersuchten Blutarten begrenzte Kristallisationszeiten angibt, die Mahnung Bürker's berechtigt, bei Menschenblut (aber auch bei Tierblut) nicht zu verzagen, selbst wenn sich in den ersten Tagen noch keine Haemoglobin-Kristalle bilden sollten. Ich habe mehrfach in Präparaten, in denen zuerst gar keine oder nur wenige atypische Haemoglobin-Kristalle aufgetreten waren, noch nach Tagen große typische Kristalle entstehen sehen. Zuerst sind die Haemoglobin-Kristalle immer mikroskopisch klein, wachsen aber in den nächsten Tagen oft weiter, so daß sie dann mit bloßem Auge als seidig glänzende Gebilde deutlich erkennbar sind.

Ihre Farbe wurde von Moser im Gegensatz zum gelbroten Ton von Schweine-, Kaninchen- und Karpfenblut als zuerst hochrot, später zunehmend violett angegeben. Frieboes stimmte dieser

Beobachtung hinsichtlich menschlichen Blutes bei, sah jedoch bei Schweineblut nur absolut rote Färbung. Er erwähnte aber Donogány, der auch bei Menschenblut einen gelben Ton beobachtet zu haben schien. Ich habe gleichfalls Haemoglobin-Kristalle von gelblichem Farbenton beim Menschen gesehen und zwar, ebenso wie Fr. N. Schulz²⁹⁾ bei Pferdeblut, dann, wenn sie aus einer verdünnten Lösung in sehr dünnen und daher nur leicht gelb gefärbten Formen auskristallisierten. Zumeist ist der Farbenton rotviolett; daß er immer stärker violett wird, konnte ich nicht feststellen, da dieser Farbenton oft schon zu Anfang besteht. Daneben kommen seltener intensiv purpurrot gefärbte Kristalle vor. Amantea fand, daß bei einigen Tieren (Hund, Esel usw.) die Haemoglobin-Kristalle abwechselnd heller oder veilchenfarben erschienen. Diesen Farbenwechsel fand ich aber mehrfach auch bei menschlichem Blut (besonders faulem) sehr ausgesprochen. Mitunter war sogar die eine Hälfte eines Kristalls blaßgrauviolett, die andere rot gefärbt. Eine Verwertbarkeit für die Diagnose auf Hunde- oder Eselblut ist damit ausgeschlossen.

Eine Zeitlang spielten die von Funke²²⁾, Lehmann³⁰⁾, H. Frey³¹⁾ und St. v. Stein¹³⁾ beschriebenen sogenannten farblosen Blutkristalle eine Rolle. Fr. N. Schulz hält ebenso wie Rollet²⁰⁾ wohl mit Recht diese Angaben für irrtümlich. Richtig ist nur (Stein, Bürker), daß sich Haemoglobin-Kristalle unter leidlicher Erhaltung der Struktur im Laufe der Zeit entfärben können. Wie bereits erwähnt, hängt die Farbtintensität der Haemoglobin-Kristalle von ihrer Dicke und der Menge des gelösten Haemoglobins ab. Infolgedessen kommen unter entsprechenden Bedingungen sehr blasse, kaum gefärbte Haemoglobin-Kristalle vor. Funke und Frey halten ihre farblosen Kristalle zwar auch nicht für absolut farblos; ihre Abbildungen (Funke, Tafel 9, Fig. 5; Frey, Fig. 3 und 4.) kann man aber (auch aus anderen Gründen) nicht als solche von Haemoglobin-Kristallen anerkennen. Im Gegensatz hierzu herrscht über weiße Kristalle, die Fricboes mehrfach erwähnte, keine Unstimmigkeit. Man findet in den Präparaten (besonders häufig sah ich sie in faulem Blute) weiße, glänzende Kristalle verschiedener Form, bei denen es sich einmal um Serumalbuminkristalle (schmale Stäbchen), andererseits um Salzkristalle (Fricboes nennt Tripelphosphat- und Vietinghoff'sche Kristalle aus oxalsaurem Kalk) handelt. Eine Verwechslung mit Haemoglobin-Kristallen, die stets gefärbt erscheinen, ist wohl ausgeschlossen. Die Haemoglobin-Kristalle aus Menschenblut breiten sich im mikroskopischen Präparat in einem paramarginalen Kreise aus, den bereits Bond²³⁾ beschrieb. Sie bilden hier meist eine dichte Kristallisationszone (= Kristallsaum), den nach dem Zentrum des Präparats zu die freien Enden der Einzelelemente überragen. Später als paramarginal können — aber verhältnismäßig selten — auch zentral freie Haemoglobin-Kristalle auftreten. Die für mensch-

liches Blut charakteristische Kristallform ist das rechteckige, mehr oder weniger rhombisch verzogene Täfelchen, das häufig (wie die Cholestearintafel) eine ausgebrochene Ecke zeigt. Breite und Länge sind starken Schwankungen unterworfen und können sich in ihrem gegenseitigen Verhältnis beim weiteren Wachstum der Kristalle weitgehend ändern. Am häufigsten sind es lange rechteckige Stäbe, die sich nach innen zu verbreitern. Ihre äußeren Enden bilden oft, wie schon bemerkt, einen dichten Kristallsaum, in dessen Bereich die Kristallindividuen nicht scharf zu trennen sind und Bilder darbieten, die wie Geschiebe von Rechteck- oder Treppenplatten erscheinen. Seltener sind die Einzелеlemente in ganzer Ausdehnung scharf begrenzt, liegen mehr zerstreut im Gesichtsfeld und streben von außen nach innen büschelförmig auseinander, wobei sich benachbarte Kristalle durchkreuzen. Zwischen den scharf begrenzten freien Enden der Kristalle treten innen einzelne kleinere oder größere vollkommen freiliegende Rechtecke, Rhomben, Sternfiguren oder Quadrate auf. Selten findet man sie auch am Außenrande des Kristallsaumes, also fast marginal.

Beim weiteren Wachstum — sofern die Verdauung im Präparat nicht zu weit fortgeschritten ist und sich noch genügend Haemoglobin in Lösung befindet — werden die Rechtecke, Prismen- oder Rechteckstäbe noch beträchtlich länger und breiter und schieben sich regellos durcheinander. So erhält man, etwa am zweiten Tage, das eindeutige Bild der Haemoglobin-Kristalle vom Erwachsenenotypus, das sich am besten mittelalterlichen Turmzinnen vergleichen läßt.

Nicht immer bilden sich freilich so gut entwickelte Kristallformen aus. Man sieht oft nur schmale Stäbe in lockerem paramarginalen Saum, die nach innen zu baumartig verzweigt sind und sogar in feine Spitzen auslaufen können. Wachsen sie in den nächsten Tagen nicht mehr weiter und findet man bei sorgfältiger Durchmusterung des ganzen Kristallsaums keine breiteren Rechtecke dazwischen, die aber doch häufig auftreten, so ist die Unterscheidung von Neugeborenenblut, das nicht ganz typisch auskristallisiert ist, doch recht schwierig. Auf diese Uebergangsbilder zwischen den beiden Kristallisationstypen des Menschenblutes geht Amantea nicht ein. Mir sind sie aber doch häufiger begegnet, da ich meist an altem Aderlaß- und Leichenblut arbeitete. Durch diese Feststellung erleidet selbstverständlich der von Amantea konstruierte scharfe Gegensatz zwischen der Kristallisation des Neugeborenen und der des Erwachsenen eine Einschränkung. Ich komme auf sie noch zurück.

Schließlich fand ich gelegentlich — wieder besonders bei der Kristallisation faulen Blutes — einen lockeren paramarginalen Saum von größeren oder kleineren Rhomben. Diese freien rhombischen Kristalle zeigen gelegentlich wie angebrochen erscheinende Kanten und sind in der Mitte mehrfach durchlöchert. Solche Formen

hatte schon Funke beschrieben und in Figur 2 (Tafel 10) seines Atlas abgebildet. Wie weit sich diese Anordnung der Haemoglobin-Kristalle zur Diagnose auf Menschenblut verwerten läßt, wird noch zu erörtern sein.

Den Angaben Moser's, daß nur Schweine- und Pferdeblut lange Zeit die Fähigkeit der Haemoglobin-Kristallisation behält, kann ich aus eigener Erfahrung das Menschenblut hinzufügen. Seiner Beobachtung, daß in geschlossenem Gefäß aufbewahrtes faulendes Menschenblut nur einige ganz kleine verstreut liegende nadelförmige Haemoglobin-Kristalle liefere, muß widersprochen werden. Vielmehr kommt es in so aufbewahrttem Blut oft sogar zu einer spontanen Haemoglobin-Kristallbildung. Untersucht man einen Tropfen unter dem Mikroskop, so sieht man zahlreiche rechteckige Kristalle von tiefvioletter Farbe, die oft zu Sternfiguren gruppiert sind (wie in den Abbildungen 2 und 3 A von Moser). An ihrer Verwitterung ist zu erkennen, daß sie schon vor längerer Zeit spontan im so aufbewahrten Blut entstanden sein müssen. Ebenso sieht man sie bei in offenem Gefäß aufbewahrttem faulenden Blut, das sich unter einer eingetrockneten Kruste dickflüssig erhalten hat. Diese Art der Darstellung von Haemoglobin-Kristallen entspricht völlig der Methode Gescheiden's³²⁾. Nur fand ich, daß die Haltbarkeit dieser Haemoglobin-Kristalle eine sehr beschränkte war, da sie meist nach 1—2 Tagen verschwanden. Dafür bildete sich aber mitunter ein paramarginaler Saum von mehr oder weniger typischen Rechteckstäben.

Schließlich erwähne ich noch das gelegentliche Auftreten von Haemoglobin-Kristallen in histologischen Präparaten. Afanasiew bildete Kristalle ab, die in dem Nierenschnitt eines mit Pyrogallussäure vergifteten Hundes innerhalb der gewundenen Harnkanälchen und Schaltstücke aufgetreten waren (von R. Kobert als Parhaemoglobin bezeichnet⁷⁾). Dr. Weimann, Assistent am gerichtsmmedizinischen Institut, zeigte mir ein Präparat vom Nabelring des Neugeborenen, wo in den stark gefüllten Gefäßen nadelförmige Haemoglobin-Kristalle sich gebildet hatten. Vor kurzem sah ich in einem Lungenschnitt (mit Formalin fixiert) ebenfalls rote Haemoglobin-Kristalle in subpleuralen Blutungen.

Während aus faulem Blut in flüssigem Zustande sich im allgemeinen Haemoglobin-Kristalle gewinnen lassen, die nur bei sehr altem Blut rudimentär ausgebildet sind und dann eine Diagnose nicht mehr gestatten, verhält sich eingetrocknetes Blut, das gerade für die gerichtsmmedizinische Untersuchung von großer Wichtigkeit ist, nicht einheitlich. Amantea hat auf Grund systematischer Untersuchungen Regeln für das Verhalten trockenen Blutes beim Kristallisationsprozeß aufgestellt²⁾. Tierblut, das frisch nicht kristallisiert, bildet auch getrocknet keine Haemoglobin-Kristalle. Bei der Tiergruppe mit doppelter Haemoglobin-Kristallisation (Oxy-Hb plus Hb) erhält sich die Fähigkeit zur Bildung

von Kristallen aus reduziertem Hb länger als von Oxy-Hb-Kristallen. So ist auch die Tiergruppe, die bloß Kristalle aus reduziertem Hb liefert, am längsten kristallisationsfähig, was sich für das menschliche Blut als vorteilhaft erweist. Bei sonst positivem Verhalten hängt die Haemoglobin-Kristallbildung aus trockenem Blut ab von der Herkunft (d. h., ob das Blut an sich leicht oder schwer kristallisiert), von der Zeitdauer des Trocknungsvorganges, von atmosphärischen Einflüssen (ob in der Sonne oder im Schatten getrocknet; Einwirkung von Regen usw.) und von der Unterlage, auf der das Blut angetrocknet war. Infolgedessen kann die Haemoglobin-Kristallisation typisch oder atypisch verlaufen, oder sie bleibt aus. Erstes Erfordernis für die Darstellung der Haemoglobin-Kristalle aus trockenem Blut ist die Lösungsfähigkeit des Haemoglobins in zugesetztem destillierten Wasser. Läßt sich diese nicht erzielen, so ist mit einer Kristallbildung wohl überhaupt nicht zu rechnen, da der Zusatz nicht indifferenten stärkeren Lösungsmittel für den Kristallisationsvorgang nicht gleichgültig ist. Allerdings sind hierüber noch exakte Versuche nötig, wie sie St. von Stein³³⁾ für einige chemische Stoffe durchgeführt hat. Die Löslichkeit im Wasser behält eingetrocknetes Blut ziemlich lange bei, selbst jahrelang, wenn die zersetzenden Einflüsse von Licht und Luft ferngehalten werden. Wirken diese aber in beträchtlichem Maße ein, so verwandelt sich das Blut über das in Wasser noch lösliche Methaemoglobin in unlösliches Haematin. Je dünner dabei die Blutschicht ist, desto rascher vollzieht sich diese Umwandlung³⁴⁾. So macht insbesondere Sonnenbestrahlung einen Blutfleck schnell zur Kristalldarstellung ungeeignet, während starke Luftfeuchtigkeit der Umgebung und Trocknung in dicker Schicht die Kristallisationsfähigkeit länger erhalten.

Das Met-Hb hat Amantea nicht besonders in den Kreis seiner Untersuchungen einbezogen. Ich halte es aber nicht von vornherein für ungeeignet, um es zur Haemoglobin-Kristallisation zu bringen. (Die Met-Hb-Kristalle sind nicht artspezifisch und kommen deswegen für die Diagnose nicht in Frage.) Met-Hb läßt sich ja durch Zusatz reduzierender Mittel, besonders von Schwefelammonium, in reduziertes Hb, bzw. durch nachträgliches Schütteln in Oxy-Hb zurückverwandeln. Donogány²¹⁾ hat zu diesem Zweck eine von Wedl¹⁶⁾ angegebene Methode abgeändert. Durch Zusatz von 5–10%iger Schwefelammoniumlösung und nachfolgende Behandlung mit Pyrogallussäure will er aus ein Jahr altem trockenem Menschenblut noch Haemoglobin-Kristalle erhalten haben. Ich konnte zwar bisher auf diese Weise aus trockenem Met-Hb keine Haemoglobin-Kristalle erzielen und halte auch die Anwendung von Pyrogallol aus noch zu besprechenden Gründen für bedenklich, erachte aber weitere Nachprüfungen für nötig. Vielleicht läßt sich auch bei nicht zu geringer Blutmenge die von Araki³⁵⁾ gefundene Tatsache verwerten, daß eine in zugeschmolzenem Rohr auf-

bewahrte Met-Hb-Lösung durch Fäulnis allmählich in eine Lösung aus reduziertem Hb übergeht.

Den Einfluß der Unterlage des angetrockneten Blutes auf den Prozeß der Haemoglobin-Kristallisation hat Amantea eingehend studiert. Er kam zu dem Ergebnis, daß man auch bei dieser zwischen Blut in dünner oder in dicker Schicht unterscheiden muß, da sich der chemische Einfluß der Unterlage nur auf die dieser direkt aufliegende Blutschicht erstrecken kann. Einen stark hemmenden Einfluß übte nur verzinktes Eisenblech (*lamiera di zinco*) aus. Eine Erklärung hierfür gibt R. Kobert³⁶⁾, der feststellte, daß die Salze der Schwermetalle Kupfer und Zink fälegend, aber nicht zersetzend auf den Blutfarbstoff einwirken. Er gründete hierauf eine Methode, um aus Haemoglobinlösungen den Blutfarbstoff quantitativ auszufällen. Sonst hemmte die Unterlage die Kristallisation des Haemoglobins nicht; sogar aus Gartenerde, in die Blut gesickert war, konnten Haemoglobin-Kristalle gewonnen werden (s. Fig. 2 der Arbeit von Amantea). Bei der erwähnten Schwierigkeit der Aufgabe, getrocknetes Blut zur Kristallisation zu bringen, ist die Anwendung zweier früher geübter Methoden vielleicht von Erfolg begleitet. So empfahl Bürker¹⁷⁾ zur Beförderung des Kristallisationsprozesses in den Blutstropfen auf dem Objektträger zwei dünne Seidenfäden in einigem Abstand parallel zu einander einzulegen; an den Fäden oder in ihrer Nähe beginnt dann die Kristallisation. Ein anderes Verfahren ist die Impfung der Haemoglobinlösung mit Haemoglobin-Kristallen, wodurch nach den Erfahrungen der Kristallographen der Kristallisationsprozeß leichter von statten geht als bei kristallinischer Urzeugung.

Von Bedeutung für die Diagnosestellung ist nun die atypische Kristallbildung, die am häufigsten naturgemäß bei Verwendung trockenen Blutes auftritt. Die Atypie erstreckt sich nur auf die Form der Einzelkristalle, nicht auf die Art der Zusammenlagerung oder auf die Zugehörigkeit zu einer der drei Gruppen mit verschiedenem spektralen Verhalten. Nur von der 3. Gruppe mit gleichzeitigem Auftreten von Oxy-Hb- und Hb-Kristallen ist zu bemerken, daß die Fähigkeit zur Bildung von Kristallen aus reduziertem Hb länger erhalten bleibt als für Oxy-Hb (z. B. bei der Taube, dem Esel). Auch der Versuch, die Lösung vor Herstellung der Präparate gut zu oxydieren, ist zwecklos. Die Atypie zeigt sich darin, daß die Haemoglobin-Kristalle auf den kristallographisch der typischen Endform vorangehenden Stufen stehen bleiben. So bilden sich beim Menschen anstatt der rechteckigen Tafeln nur lange Nadeln oder sehr schmale Stäbchen (*Longulite*). Eine Bestimmung der Blutart ist dann nur möglich, wenn bei tagelang fortgesetzter Beobachtung diese uncharakteristischen Kristalle sich zu breiteren Stäben mit besonderen für Menschenblut sprechenden Merkmalen (wie ausgebrochene Ecken, Verhalten der Winkel usw.) ausbilden. Mitunter treten in einem solchen Saum

auch einzelne einwandfrei entwickelte Formen auf. Wo hier die Grenze der Beurteilung zu ziehen ist, bleibt vorläufig der Erfahrung des einzelnen Untersuchers vorbehalten. Insbesondere ist vor der Aufstellung von Regeln eine Sammlung der Kristallformen aller in Betracht kommenden Blutarten nötig, um zu entscheiden, ob eine atypische Ausbildung der Kristalle mit ähnlich aussehenden von einer anderen Blutart stammenden zu verwechseln ist.

Großer Wert ist hierbei auf die Anwendung einer einheitlichen Methode für den Kristallisationsprozeß zu legen, da durch Verwendung verschiedener Zusätze auch verschiedene Kristallformen auftreten können. (Ebenso beruht auch nach Bürker die mangelnde Uebereinstimmung der Elementaranalysen auf der Verschiedenheit der Darstellungsweise der Haemoglobinkristalle.)

So fand ich bei Menschenblut zwischen Wasser- oder Saponinzusatz kaum einen Unterschied; Gummi arabicum dagegen beeinflußt infolge langsamer Haemolyse die Kristallisationszeit, die Anordnung der Kristalle ist eine mehr lockere, der Farbenton ist oft viel intensiver purpurrot. Obwohl sich gelegentlich besonders schön ausgebildete Formen finden, so ist es im allgemeinen doch unzuverlässiger als Saponin. Sehr ausgeprägt ist dieser Unterschied zwischen den beiden Mitteln bei Taubenblut; mit Saponin erhielt hier Amantea Sphenoide (des tetragonalen Systems), dagegen mit Gummi arabicum Prismen. Am bedenklichsten ist bei Menschenblut der Zusatz von Pyrogallol, mit dem ich aus Blut vom Erwachsenen typische Neugeborenen-Kristalle, oft sternförmig angeordnet, erhalten habe. Aus diesem Grunde halte ich es für nötig, das Mittel trotz seiner Begünstigung des Kristallisationsprozesses vollständig auszuschalten.

Differentialdiagnostisch kommen nach Moser bei Menschenblut die Haemoglobin-Kristalle von Pferd, Schwein, Kaninchen und Karpfen in Frage. Frieboes hält es mit Recht für unmöglich, Pferdeblut-Kristalle mit den Haemoglobin-Kristallen vom Menschen zu verwechseln. Zudem gibt Pferdeblut Oxy-Hb- als auch Kristalle von reduziertem Hb. Ueber diese Oxy-Hb-Kristalle äußert Frieboes eine völlig abwegige Ansicht; er erklärte ihre Entstehung durch Beeinflussung des Blutsersums. Eine Verwechslung mit Schweineblut halte ich nach den unten zu besprechenden Kristallformen für ausgeschlossen. Es ist Frieboes beizustimmen, wenn er die von Moser als differentialdiagnostisch wichtig betonte Gelbfärbung der Schweineblut-Kristalle ablehnt. Weiter will Moser diesen Farbenton bei Karpfen- und Kaninchenblut gesehen haben. Während ich ihn bei Karpfenblut nicht beobachtet habe, halte ich diesen ausgesprochenen Farbenunterschied für wichtig bei Kaninchenblut, dessen Kristallfarbe Frieboes als intensiv braungelb bezeichnet. Auf ihre differentialdiagnostisch wichtige Kristallform komme ich im Abschnitt über Tierblut zu sprechen.

Frieboes seinerseits glaubt an Verwechslungsmöglichkeit der menschlichen Haemoglobinkristalle mit denen von Fledermaus und Ziege. Beim Fledermausblut weist er auf die geringe praktische Bedeutung hin. Bei eingehenden Untersuchungen Amantea's ergab sich eine sehr kurze Kristallisationszeit des Fledermaus-Haemoglobins, insbesondere bei der Species *Vespertilio Nettereri*, während *Vesperugo pipistrellus* und *Rhinolophus ferrum equinum* schwieriger zur Kristallisation zu bringen sind. Diese außerordentlich kurze Kristallisationszeit ist ferner nur während der Ueberwinterung sichergestellt. Nach Bürker kristallisiert Blut eines Hungertieres wegen des größeren Haemoglobingehaltes und der in ihm enthaltenen ganz schwachen Säuren (die ganz allgemein die Kristallisation befördern) leichter als das eines Freßtieres, bei dem andere Stoffe das Haemoglobin begleiten. Das Ziegenblut erinnert nach Frieboes an menschliches Placentarblut; nach den von ihm gegebenen Abbildungen ist ihm zuzustimmen, wenn er für einen geübten Untersucher Unterschiede gegenüber den viel weniger zierlichen Nadeln des Placentarblutes herausfindet.

b) Blut des Neugeborenen.

Diese Verschiedenheit der Kristallformen des Placentarblutes von den sonst aus Menschenblut erhaltenen Haemoglobin-Kristallen beschrieb zuerst Moser auf Grund einer Beobachtung. Frieboes erhielt bei mehreren Nachprüfungen aus Nabelschnurblut Haemoglobin-Kristalle, die in rosettenartig angeordneten Strahlen mit Verzweigung der freien Enden zusammengesetzt waren. Systematisch hat dann Amantea⁹⁾ das Blut Neugeborener untersucht. Seine Beschreibung dieser besonderen Kristallformen konnte ich mit der oben angeführten Einschränkung durch Pyrogallol bestätigen. Kristallisationszeit und spektroskopisches Verhalten sind die selben wie beim Blute Erwachsener. Die Einzelkristalle des dichten paramarginalen Saumes sind lange Nadeln oder schmale Stäbe von rotvioletter Farbe, deren freies gegen das Innere des Präparats gerichtetes Ende fast stets zugespitzt ist. Diese Zuspitzung ist meist an beiden Seiten gleichmäßig, so daß bei typischer Ausbildung der dichte Kristallsaum den Eindruck einer Palisadenwand erweckt. Selten treten davor innen freie Kristalle als kleine schmale Täfelchen auf. Bei geringerer Kristallisation bilden sich paramarginal einzelne beetartige Büschel von Nadeln oder schmalen Stäben, deren freie Enden nach innen stark auseinander streben, so daß die meisten Kristalle fast liegen. Dieser bei typischer Entwicklung auftretende Unterschied zwischen Erwachsenen- und Neugeborenenblut zeigte sich auch sehr ausgesprochen, wenn man unmittelbar nach der Geburt von Mutter und Kind Haemoglobin-Kristalle anfertigte. Eine Einschränkung erfährt diese Feststellung verschiedener Kristallformen freilich

durch die bereits erwähnten rudimentären Haemoglobin-Kristalle von schlecht kristallisierendem Erwachsenenblut. Allerdings beobachtet man dann niemals typische Palisadenwandanordnung.

Wachsen die Haemoglobin-Kristalle in den folgenden Tagen in die Länge und Breite, so verschiebt sich oft das Winkelverhältnis der Spitzen zu dem Aussehen eines Rhomboids, wodurch dann diese breiteren Stäbe und Platten von den Rechtecken des Erwachsenenblutes zu unterscheiden sind.

Zusammen mit Mele²⁷⁾ hat Amantea den Zeitpunkt der Umwandlung des Neugeborenentypus der Haemoglobin-Kristalle in den des Erwachsenen bestimmt. Aus zahlreichen Untersuchungen an Feten zwischen dem 5. und 9. Monat, an Neugeborenen, 6, 30 und 40 Tage alten Säuglingen und 3—6 Jahre alten Kindern ging hervor, daß nicht, wie Frieboes angenommen hatte, der Eintritt der Lungenatmung den Umschlag bedingt, sondern daß erst gegen Ende des ersten Lebensmonats der Wandel der Kristallform sich vollzieht. Die genauere Festlegung der Uebergangscharaktere der Haemoglobin-Kristalle während dieser Zeitspanne und die Erforschung der Ursachen dieser Formänderung, die Amantea in einer Aenderung der Molekularkonstitution des Haemoglobins vermutet, bleibt Untersuchern mit geeignetem Blutmaterial vorbehalten.

Eine Aenderung der Kristallform des Haemoglobins im Greisenalter wurde weder von Amantea noch von mir beobachtet.

2. Tierblut.

Affenblut.

Falco²⁸⁾ beschrieb die Haemoglobin-Kristalle von *Macacus rhesus* als paramarginale und zentrale freie rhombische Täfelchen von mittlerer Größe; Preyer¹²⁾ hatte gleiche Formen bei dem (schwer kristallisierenden) Blut von *Cynocephalus babuin* beobachtet. Das von Monckton Copeman, Amantea und Falco untersuchte Spektrum dieser Kristalle war das des reduzierten Hb.

Diese Befunde stimmen mit der oben gegebenen Beschreibung einer gelegentlich in (faulem) Menschenblut auftretenden Kristallisationsweise überein; es sei denn, daß die von Funke verzeichneten Besonderheiten der Rhomben und mitunter zwischen ihnen liegende Stäbchenbüschel allein auf Menschenblut beschränkt sind. Daraus ergibt sich jedenfalls, daß diese atypische Kristallform zur Diagnose auf Menschenblut nicht verwertbar ist. Die Frage nach dem Verhalten der Haemoglobin-Kristallisation bei den anderen bisher nicht untersuchten Affen, insbesondere bei den Anthropoiden, hat natürlich eine große gerichtsmedizinische Bedeutung für die Länder, in denen die Affen heimisch sind. Von vornherein halte ich einen Unterschied der Haemoglobin-Kristalle von Anthropoiden gegenüber Menschenblut nicht für ausgeschlossen, da Amantea

neben Uebereinstimmungen bei nahe verwandten Tieren (z. B. bei Amsel und Drossel) auch Verschiedenheiten der Haemoglobin-Kristallisation beobachtet hat, wie das Fehlen der Kristallisation bei *Lacerta viridis* und Siebenschläfer, während *Lacerta muralis* und Ratte Haemoglobin-Kristalle liefern, die ganz verschiedene Kristallisationszeit bei den einzelnen Species der Fledermäuse usw.

Hundeblut.

Die Haemoglobin-Kristalle aus Hundeblut treten nach Frieboes als in dichtem Gewirr (oder in Büschelform) durcheinander liegende prachtvolle Nadeln auf, die durch wechselnd rote und gelbe Färbung sich von den sonst sehr ähnlichen Kristallen aus Schweineblut unterscheiden lassen. Daneben sah er auch breitere, fast stäbchenförmige Nadeln. Stein¹³⁾ und Moser erwähnten außerdem noch rhombische Tafeln und sechseckige Platten. Ferner sah Amantea³⁷⁾ im Verdauungstraktus des *Ixodes ricinus* aus Hundeblut sich Oxy-Hb-Kristalle in Form von dicken Prismen oder rechteckigen und rautenförmigen Täfelchen bilden. Aus der Brunstflüssigkeit einer Hündin kristallisierten ohne jeden Zusatz Haemoglobinkristalle aus, die in Bezug auf Kristallisationszeit und Form den Haemoglobin-Kristallen von *Vespertilio* Nett. glichen. Bei Zusatz von Saponin dagegen kam es zur typischen Kristallisation von Nadeln; Gummi arabicum-Zusatz ergab elegante nadel-förmige Prismen⁸⁾.

Moser und Amantea⁹⁾ beobachteten bei der spektroskopischen Untersuchung des auskristallisierten Hundeblutes sowohl Oxy-Hb-als Hb-Kristalle; an anderer Stelle²⁾ reihte aber Amantea das Blut des Hundes in die Tiergruppe mit alleiniger Oxy-Hb-Bildung ein. Ebenso sah Falco²⁸⁾ nur marginal und zentral auftretende Oxy-Hb-Kristalle, auf deren schnelle, fast unmittelbare Entstehung er aufmerksam machte. Nun ist die Bestimmung des spektralen Verhaltens dieser Haemoglobin-Kristalle schwer möglich, da man die feinen Nadeln nicht allein in den Kollimatorspalt fassen kann, sondern eigentlich auf das Spektrum der die Kristalle umgebenden Mutterlauge angewiesen ist.

In meinen Präparaten — gleich, ob es sich um Hundeblut mit Saponinzusatz oder ohne jeden Zusatz handelte — sah ich neben einer sehr schnell auftretenden Randkristallisation in Form von wirren Nadelgeflechten und einer später einsetzenden zentralen Kristallbildung, bestehend aus zierlichen kleinen Nadelsternen, auch regelmäßig paramarginal in einer Matrix aus reduziertem Hb lockerer als marginal angeordnete Nadelnetze und einzelne etwas größere rhombische Nadeln. So beschrieb auch Frey als (tertiäre) Haemoglobin-Kristalle (bei dem von ihm benutzten Grüber'schen Dialysationsverfahren) ziemlich lange Prismen von reduziertem Hb, die mit schräger Endfläche abschlossen und zu

schrägstehenden, stellenweise sich kreuzenden Palisaden zusammengefügt waren (Gitterstruktur; Fig. 13). Völlig zu Unrecht lehnte H. U. Kobert⁷⁾ die von Frey veröffentlichten Abbildungen Nr. 3 (s. jedoch oben), 7, 10 und 13 als Pseudokristalle („Eintrocknungskristalle“) ab. Ich habe in meinen lange Zeit fortgesetzt beobachteten Präparaten die Eintrocknungserscheinungen sorgfältig verfolgt, aber bei ihnen niemals eine Ähnlichkeit mit dem Palisadencharakter der beanstandeten Frey'schen Bilder gefunden.

Schweineblut.

Eine Verwechslung der Haemoglobin-Kristalle des Schweines mit denen vom Hunde (Frieboes) halte ich für unwahrscheinlich. Es bildet sich ein dichter Saum paramarginaler Stäbchen (s. Frey Fig. 10), die alle in feinen Spitzen enden. Am wenigsten gebogen verlaufen sie bei Wasser- oder Gummi arabicum-Zusatz, stärker gekrümmt bei Saponinzusatz, wobei sich die einzelnen Büschel mehr oder weniger durchkreuzen. In den folgenden Tagen findet ein starkes Längen- und geringeres Breitenwachstum statt. Man sieht dann Bilder, die an ein Kornfeld erinnern, über das der Wind dahinfährt (Frieboes' Wedelformen). Radiär gestellte Büschel photographierte Frieboes (Fig. 19).

Beim weiteren Wachstum können die einzelnen scharf begrenzten Stäbchen stellenweise zusammenfließen, so daß hier plattenartige Gebilde zustande kommen.

Spektroskopisch fanden die meisten Untersucher die Schweineblut-Kristalle aus reduziertem Hb bestehend (s. dagegen Donogány).

Das Blut des Wildschweines verhält sich nach Frieboes genau wie das des zahmen Schweines.

Katzen- und Pferdeblut.

Von Katze und Pferd konnte ich bisher kein Blut zur Untersuchung bekommen. Katzenblut bildet nach den Beschreibungen anderer Untersucher X-förmig angeordnete Bündel prismatischer Stäbe (oder Nadeln) mit dem Spektrum des reduzierten Hb (s. Frieboes Fig. 26, 27; Falco, Fig. 7).

Aus Pferdeblut kristallisieren sowohl Oxy-Hb- als Hb-Kristalle. Zuerst scheiden sich nach Falco schnell Oxy-Hb-Kristalle als zarte Nadeln, zu dicken kurzen Prismen zusammengesetzt, ab; später — aber nicht regelmäßig — auch paramarginale Täfelchen von reduziertem Hb (Fig. 4).

Blut der Nagetiere.

Die typischen Haemoglobin-Kristalle des Eichhörnchens sind die hexagonalen Tafeln (des hexagonalen Systems), die oft rosettenförmig übereinander geschoben sind. In meinen Präparaten aus dem Blute eines Eichhörnchens traten die Haemoglobin-Kri-

stalle als ziemlich dichter, aber unterbrochener marginaler Saum von Sechseckgeschieben und zentral als freie Rosetten auf; Die Farbe der Tafeln war hellrot. In den marginalen Saum waren kurze, größtenteils gefiederte Nadeln eingestreut. Weiter bildeten sich paramarginal rhombische Kristallnadeln aus. Die sonst noch (z. B. von Lehmann³⁰), Stein¹³) beschriebenen unregelmäßigen Kristallformen möchte ich als atypisch auffassen, desgleichen die Umwandlung der sechsseitigen Tafeln in rhombische Nadeln und Tetraeder, die Halliburton³⁸) durch wiederholtes Umkristallisieren erhalten haben will. Die als charakteristisch für das Eichhörnchen beschriebenen hexagonalen Tafeln kommen jedoch auch bei anderen Tieren (Stein), vor allem bei der Ratte (*Amantea*⁹) vor. Die bisher für eine einzige Tierart charakteristische Kristallform ist der Tetraeder des Meerschweinchens (aus Oxy-Hb). Der Hamster bildet nach Lehmann und Funke (s. dessen Fig. 6, Tafel 9) Rhomboeder.

Die Haemoglobin-Kristalle der Ratte zeichnen sich nach Stein und Falco durch die Mannigfaltigkeit der Formen aus, die die einzelnen Kristallindividuen annehmen können. Es treten sehr schnell zarte freie Täfelchen und dünne Prismen aus Oxy-Hb mit Neigung zur Gruppierung in Kreuz- und Sternform auf.

Aus Mäuseblut erhielt ich marginal (und zentral) sich abscheidende gerade feine Nadeln, die zu einem dichten Saum oder zu einzelnen Büscheln zusammentraten. Spektroskopisch bestanden sie aus Oxy-Hb, wie schon aus ihrer hellroten Farbe hervorging.

Eine gesonderte Besprechung verlangt das Kaninchen wegen der verschiedenen Ansichten, die über seine Kristallisationsfähigkeit herrschen. *Amantea* und Falco geben übereinstimmend an, daß es ihnen mit der Saponinmethode nicht gelungen sei, Haemoglobin-Kristalle vom Kaninchen zu bekommen; die Untersuchung fiel auch stets negativ aus, wenn *Amantea*³⁷) das Blut den Verdauungsstraktus der Hundszecke passieren ließ. Demgegenüber haben mehrere Untersucher Haemoglobin-Kristalle sich abscheiden sehen (Preyer, Copeman [Oxy-Hb], Donogány). Der letztgenannte Autor erhielt mit der Methode Gscheidlen's nur kleine, beim Ausfrierenlassen des Blutes (Rollet²⁰)) ziemlich große Nadeln; die besten Ergebnisse hatte er mit Pyrogallussäure.

Lang beschrieb die Kristalle als Rechtecke und Rhomben, die in ihrer Form und ihrem kristallographischen Verhalten mit den Haemoglobin-Kristallen aus Menschenblut ganz übereinstimmen. Moser und Frieboes sahen eine Kristallisation nur aus frischem Blut, wobei nach Frieboes schon innerhalb der ersten Viertelstunde nach Anfertigung des Präparats am Eintrocknungsring intensiv braungelb gefärbte, vieleckige, an den Rändern eingekerbte Platten auftraten, die in den nächsten Tagen an Zahl stark zunahmen. Nach Frieboes Kristallphotogramm (Fig. 24) lassen sich

diese Haemoglobin-Kristalle durch ihre verwaschenen Ränder von denen aus Menschenblut unterscheiden.

Ich habe ebenfalls eine Kristallisation beobachtet, und zwar traten bei Zusatz von Pyrogallol rotgefärbte Kristalle (mit dem Spektrum des reduzierten Hb) als Sternfiguren, deren Strahlen aus Rechtecken zusammengesetzt waren, und als Platten auf. Aber auch bei Saponinzusatz schieden sich nach einigen Tagen gelbliche Rechtecke und Treppenplatten ab, die etwas unscharf begrenzt waren. Allerdings handelte es sich um ganz frisches Blut von Tieren, die mit artfremdem Eiweiß vorbehandelt waren.

Die Frage nach der Kristallisierbarkeit des Kaninchen-Haemoglobins scheint mir auf Grund der bisher vorliegenden Untersuchungsbefunde noch nicht spruchreif zu sein.

H a m m e l b l u t.

Hammelblut kristallisiert nach Frieboes in kleinen zusammenhängenden Tafeln und kleinen Nadelbüscheln, die nach Falco allein aus Oxy-Hb bestehen sollen, während Amantea das Schaf unter den Tieren mit doppelter Haemoglobin-Kristallisation aufführt. Ich konnte bisher Hammelblut nicht zur Kristallisation bringen.

R i n d e r b l u t.

Amantea und Falco hatten beim Versuch der Haemoglobin-Kristallisation aus Blut vom Rinde keinen Erfolg. Ich habe gleichfalls weder aus Rinder-, noch aus Kälberblut Haemoglobin-Kristalle sich abscheiden sehen. Kälberblut brachte auch Moser nicht zur Kristallisation; dagegen erhielt er aus frischem Rinderblut (bei Wasserzusatz) Haemoglobin-Kristalle (Fig. 5 A). Donogány hielt Ochsenblut für die am schwersten zum Kristallisieren zu bringende Blutart; er sah nur kleine lichtrote Nadeln, anscheinend Oxy-Hb-Kristalle. Die positiven Ergebnisse, die andere Untersucher mit Hilfe der biologischen Methode (Darm des Blutegels) bekommen hatten, fand Amantea nicht bestätigt. Nach Bürker konnte auch Met-Hb vom Rinde bisher nicht kristallinisch erhalten werden.

Eine ausführliche Aufzählung der Blutarten mit stets ausbleibender Haemoglobin-Kristallisation läßt sich erst geben, wenn alle Wirbeltier-Haemoglobine durchuntersucht sind, und negative Ergebnisse möglichst einer Nachprüfung durch andere Untersucher unterzogen worden sind.

Ein Verzeichnis der bis zum Jahre 1871 untersuchten Tiere lieferte Preyer¹²⁾ (mit Literaturbelegen).

Amantea untersuchte auch das Verhalten von Blutmischungen zum Kristallisationsprozeß und fand, daß von zwei miteinander vermischten Blutarten, von denen die eine leicht, die andere gar nicht kristallisiert, auch nur die erstere die entsprechenden Haemoglobin-Kristalle abscheidet. Ich bemerkte aber in solchen Fällen

doch einen die Kristallisation hemmenden Einfluß des zur Kristallbildung unfähigen Haemoglobins. Kristallisieren beide (oder sämtliche) Blutarten für sich allein, so kristallisiert auch jede einzelne typisch aus dem Gemisch heraus, sofern die Menge ihres gelösten Haemoglobins einen gewissen Grad nicht unterschreitet.

Auch durch Auflösung der Blutkörperchen in dem (faulenden) Blutserum einer anderen Tierart werden die für das betreffende Haemoglobin typischen Kristalle in ihrer Form nicht verändert. Insbesondere erhielt Amantea aus Neugeborenenblut, dem er mütterliches Serum zusetzte, die charakteristischen Haemoglobin-Kristalle des Neugeborenen.



Tabelle.

(Nach den Arbeiten von Amantea zusammengestellt; die von mir spektroskopisch untersuchten Tiere sind mit § bezeichnet).

I bedeutet alleinige Kristallisation von Oxy-Hb,

II eine solche von reduziertem Hb,

III gleichzeitige Oxy-Hb- und Hb-Bildung.

Regenwurm	I
Schlei	II
Karpfen §	II
Lacerta muralis	I
Oena Capensis	III
Amsel	III
Drossel	III
Eichelhäher §	II
Taube	III
Maus §	I
Ratte	I
Fledermaus	I
Meerschweinchen	I
Eichhörnchen §	III
Kaninchen §	II
Katze	II
Hund §	III
Schaf	III
Schwein §	II
Esel	II
Pferd	III
Affe	II
Mensch §	II



D. Zusammenfassung.

1. Die Haemoglobin-Kristalle sind bei typischer Ausbildung spezifisch für jede einzelne Tierart und den Menschen nach Form, Zusammenlagerung, Gruppierung im Präparat und spektroskopischem Verhalten.
2. Die beste Darstellungsweise der Haemoglobin-Kristalle ist zur Zeit der Zusatz von Saponin zu flüssigem und von destilliertem Wasser zu trockenem Blut.
3. In geeigneten Fällen ist die Methode der Haemoglobin-Kristallisation für gerichtsmedizinische Untersuchungen verwertbar, insbesondere, wenn es auf eine Unterscheidung zwischen mütterlichem und kindlichem Blut des Neugeborenen ankommt.
4. Getrocknetes Blut ist für diese Untersuchung gleichfalls geeignet, nur ist der Erfolg unsicherer. Bei älteren Blutspuren versagt die Methode bisher praktisch.
5. Die Verwertung der häufig auftretenden atypischen Kristallformen für die Diagnose setzt weitere eingehende Untersuchungen voraus.



Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat F. Straßmann, spreche ich für die gütige Ueberlassung des Themas und die Unterstützung der experimentellen Arbeiten meinen ergebensten Dank aus.

E. Literatur-Verzeichnis.

- 1) Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtl. Medizin, Bd. VII, Heft 5, S. 520. 1926.
- 2) G. Amantea, La cristallizzazione dell' emoglobina del sangue disseccato. Zacchia, Jg. 3, Nr. 3/4, S. 112. 1924.
- 3) s. z. B. E. Ziemke, Chemische, mikroskopische und physikalische Methoden der Blutuntersuchung. Abderhalden's Handbuch d. biol. Arbeitsmethoden. Abt. IV, Teil 12, Heft 2, S. 201.
- 4) Moser, Haemoglobin-Kristalle zur Unterscheidung von Menschen- und Tierblut. Vierteljahrsschr. f. d. gerichtl. Med., 3. Folge, Jg. 1901, Bd. XXII, S. 44.
- 5) W. Frieboes, Ueber die Moser'schen Kristalle. Ein Beitrag zur Kenntnis der Blutfarbstoffe. Pflüger's Arch. f. Physiol. 98. Bd., 1903. S. 434. (mit vielen Kristallphotogrammen).
- 6) P. Uhlenhuth, Deutsche med. Wochenschr. 1926, Nr. 46, S. 1945. Berichtigung Nr. 49, S. 2092.
- 7) H. U. Kobert, Das Wirbeltierblut in mikrokristallographischer Hinsicht. Stuttgart, Enke, 1901.
- 8) G. Amantea und Krzyskowsky, Sulla cristallizzazione dell' emoglobina. Archivio di Fisiologia, vol. XVIII, fasc. I—VI, 1919, 1920.
- 9) G. Amantea, La cristallizzazione dell' emoglobina studiata col metodo della saponina. Ebenda, vol. XXI, fasc. II, 1923.
- 10) C. G. Lehmann, Ueber die Kristallisierbarkeit eines der Hauptbestandteile der Blutkörperchen. Berichte der Sächsischen Akad. der Wiss. 1852.
- 11) C. G. Lehmann, Ueber die kristallisierbare Proteinsubstanz des Blutes. Ebenda (13. VIII). 1853.
- 12) W. Preyer, Die Blutkristalle. Jena, Mauke, 1871.
- 13) St. v. Stein, Ein Beitrag zu der Lehre von den Blutkristallen. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. von Virchow. Bd. 97, 1884, S. 483.
- 14) R. Kobert, Beiträge zur Kenntnis der Saponinsubstanzen. Stuttgart (Enke) 1904.
- 15) Deutsche Zeitschrift f. d. ges. gerichtl. Med. IX. Band, 2. Heft, S. 248. 1927.
Referat von A. Fröhlich über G. Falco, Sulla cristallizzazione della emoglobina colla saponina e con altri glikosidi. Zacchia, Jg. 4, Nr. 4/6, S. 249. 1925.

- 16) C. Wedl, Ueber ein Verfahren zur Darstellung der Hb-Kristalle. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. von Virchow, 80. Bd. S. 172. 1880.
- 17) Zitiert nach Bürker, Gewinnung, qualitative und quantitative Bestimmung des Hb in R. Tigerstedt's Handbuch d. physiologischen Methodik. Bd. II, 1, S. 68. 1911.
- 17a) Malys Jahresberichte, XVI. Bd. 1886, S. 103 (Referat von Gruber).
- 18) Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Jena, Fischer, 1914. Bd. V, S. 1057. (Kristallchemie und -Physik).
- 19) Nach den Jahresberichten über die Leistungen und Fortschritte in der gesamten Medizin von Virchow-Hirsch. XXIV. Jahrgang, Bd. I, S. 53. 1889.
- 20) V. v. Lang, Kristallographische und optische Mitteilungen über die Blutkristalle in Rollet, Versuche und Beobachtungen am Blut. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, math.-naturw. Klasse. Bd. 46, 2. Abt., S. 85. 1862
- 21) Edward T. Reichert and Amos P. Brown, The differentiation and specificity of corresponding proteins and other vital substances in relation to biological classification and organic evolution: The cristallography of hemoglobins. Washington, published by the Carnegie Institution of Washington (Nr. 116). 1909; enthält viele Kristallphotogramme der verschiedensten Blutarten.
- 22) Otto Funke, Atlas d. physiol. Chemie. 2. Aufl. Leipzig 1858.
- 23) S. Monckton Copeman, The crystallization of Haemoglobin in man and the lower animals and of Haemochromogen in man. The Journal of Physiol. Vol. XI, 1890, S. 401.
- 24) Referat von Liebermann über Z. Donogány, Beiträge zur Lehre d. Haemoglobin- und Haemochromogen-Kristalle. Maly's Jahresberichte Jg. 23, 1893, S. 126.
- 25) B. v. Rheinbold, Blutfarbstoffe in Abderhaldens Biochem. Handlexikon. Berlin 1911. Bd. 6, S. 188 ff.
- 26) Dvornitschenko, Einige Beobachtungen über die Untersuchung von Blut- und Samenflecken. Vierteljahrsschr. f. d. gerichtl. Med. 3. Folge, 20. Bd. Jg. 1900, S. 12.
- 27) Amantea, Falaschi, e Mele, La cristallizzazione dell' emoglobina umana in rapporto all' età e a varie condizioni patologiche. Archivio di Fisiologia, vol. XXI, Fasc. V, 1923.
- 28) G. Falco, Sulla possibilita di utilizzare il metodo della cristallizzazione dell' emoglobina per la diagnosi specifica del sangue. Zacchia 1925, S. 275—283.
- 29) Fr. N. Schulz, Die Kristallisation von Eiweiß-Stoffen und ihre Bedeutung für die Eiweißchemie. Jena, Fischer, 1901.
- 30) C. G. Lehmann, Handbuch d. physiol. Chemie. II, 1859, S. 182.

- 31) H. Frey, Beiträge z. Kenntnis d. Blutkristalle. Inaugural-Dissertation, Würzburg, 1894.
- 32) R. Gscheidlen, Einfache Methode, Blutkristalle zu erzeugen. Pflüger's Archiv, Bd. 16, 1878, S. 421.
- 33) St. v. Stein, Ueber den Einfluß chemischer Stoffe auf den Prozeß der Kristallisation des Haemoglobin. Virchow's Archiv, Bd. 162, 1900, S. 477.
- 34) R. v. Hofmann's Lehrbuch der gerichtl. Medizin. 1923, Bd. II, S. 511.
- 35) Tr. Araki, Ueber den Blutfarbstoff und seine näheren Umwandlungsprodukte. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 14, 1890, S. 405.
- 36) R. Kobert, Ueber Haemocyanin nebst einigen Notizen über Haemerythrin. Pflüger's Archiv, Bd. 98, 1903, S. 411.
- 37) A. Mantega, Sulla cristallizzazione dell' emoglobina nell' intestino di alcuni ematofagi. Bollettino della società di biologia sperimentale, Vol. I, fas. I—II, 1926.
- 38) Referat von Herter über Halliburton, Ueber die Haemoglobin-Kristalle der Nager. Maly's Jahresberichte, Bd. 16, 1886, S. 111.



Lebenslauf.

Ich bin am 6. Februar 1902 in Graudenz geboren. Vom Jahre 1908 an besuchte ich das Lessing-Gymnasium zu Berlin, das ich Ostern 1920 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Medizin studierte ich in Berlin und Würzburg. Das Staatsexamen beendete ich in Berlin am 22. Juli 1925 und leistete das Praktische Jahr im Rudolf-Virchow-Krankenhaus und der Chirurgischen Universitätspoliklinik ab. Nach der Approbation führte ich im Institut für gerichtliche Medizin der Universität Berlin die experimentellen Untersuchungen für das Thema meiner Doktorarbeit durch und besuchte während des Winter-Semesters 1926/27 die Sozialhygienische Akademie zu Charlottenburg. Zur Zeit bin ich im Institut für gerichtliche Medizin tätig.